

「動作前 Silent Period の出現率について」

—— 第4報 指示条件のちがいについて ——

脇 田 裕 久 (三重大学教育学部)

長 井 健 二 (三重大学教育学部)

矢 部 京之助 (愛知県心身障害者コロニ

—発達障害研究所)

The Rate of Appearance in Silent Period Observed Just before Rapid Voluntary Movements.

4. Effect of Advanced Information on P. S. P. Appearance.

Hirohisa Wakita

Kenji Nagai

Kyonosuke Yabe

研究目的

あらかじめ主動筋に軽度の随意的な緊張を与えた状態から、急速に反応動作をおこすと、動作に先行して、主動筋に筋放電の休止期が出現する。この動作前 Silent Period の出現率は、単純反応動作における上腕三頭筋の場合、一般人で右14%、左18%であり、運動経験年数の長期化にともなって増加することが報告されている。^{1) 3) 4) 5) 6) 7) 8) 9) 10) 11) 12) 13) 15) 16)}笠井らは、動作前 Silent Period の出現頻度が7~15日間の練習の前半では増大するが、練習の後半には著しい減少のあることを報告している。⁵⁾筆者らは、9週間¹¹⁾にわたる肘関節伸展動作による反応動作をおこなわせた結果、動作前 Silent Period 出現率が増加する場合と減少する場合とにわかれ、前者では単位時間当たりの筋力上昇率の増大が、後者では動作開始時間の短縮が認められることを報告した。

一方、動作前 Silent Period の出現は、動作開始時間を遅延させる反面、動作時間を短縮し、単位時間当たりの筋力上昇率を増大させる作用のあることが指摘されている。¹⁰⁾これらの報告から明らかなように、動作前 Silent Period の出現は、被検者が動作開始時間あるいは筋収縮速度のいずれに重点をおいた反応動作を行うかによって変動する可能性のあることが推察される。

そこで本研究は、被検者が光刺激に対して、できるだけ動作開始時間を短縮するように努力した場合と、できるだけ筋収縮速度を増大するように努めた

場合を比較し、これらの指示条件の違いが動作前 Silent Period の出現に及ぼす影響を究明することを目的とした。

実験方法

実験方法ならびに実験手順については、第1報⁹⁾に準じて実施した。ただし、検者は、被検者に「速く」(光刺激から力曲線の立ち上がりまでの時間である動作開始時間を短縮する。以下速条件と略す。)または「強く」(力曲線の立ち上がり角度である筋収縮速度を大きくする。以下強条件と略す。)の指示条件を与えた。試行回数については、速条件および強条件とも25試行ずつの合計50試行を実施した。

筋電図については、第1報⁹⁾で述べた① Complete P. S. P. , ② Incomplete P. S. P. , ③ Without P. S. P. に分類した。力曲線は、第2報¹¹⁾で述べた①動作開始時間と②筋力上昇率に分けて分析した。

なお、被検者は、19~21歳の健康な右利き男子大学生6名である。

実験結果

1. 動作開始時間について

肘関節伸展動作時の動作開始時間を図1に示した。各被検者における強条件の動作開始時間は、subj. Muk. で176msec(S. D. 11.8msec)、Shi. 168msec(S. D. 29.8msec)、Mor. で171msec(S. D. 12.4msec)、Sat. で190msec((S. D. 17.1msec)、Kon. 186msec(S. D. 37.5msec)、Yam. 145msec(S.

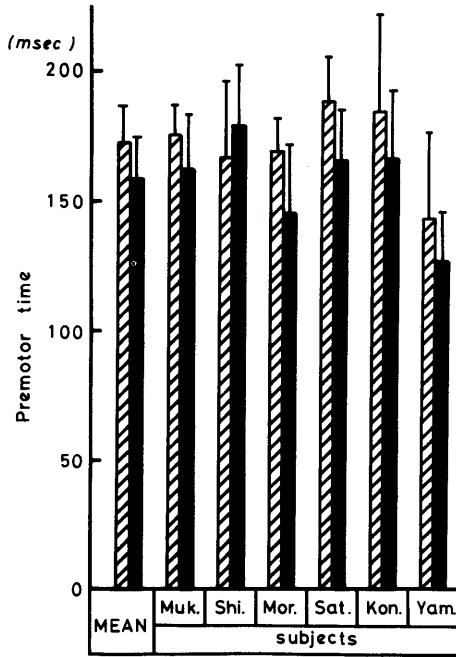


図1. 動作開始時間
 □: 強条件 ■: 速条件

D. 22.6msec) であり、速条件の動作開始時間は、それぞれ163msec (S. D. 21.3msec)、180msec (S. D. 22.8msec)、147msec (S. D. 26.3msec)、167msec (S. D. 19.8msec)、168msec (S. D. 25.8msec)、129msec (S. D. 18.3msec) であった。両条件を比較すると、subj. Shi. を除く5名の被検者では、強条件に比較して速条件の動作開始時間が短縮しており、4名の被検者に1%水準で有意な差が認められた。また、全被検者における強条件の動作開始時間の平均値は、173msec (S. D. 14.1msec)、速条件のそれは159msec (S. D. 16.6msec) であり、両者の間に1%水準で有意な差が認められた。

2. 筋力上昇率について

肘関節伸展動作時の単位時間当たり筋力上昇率を図2に示した。各被検者における強条件の筋力上昇率は、subj. Muk. で321kg/sec (S. D. 22.9kg/sec)、Shi. で255kg/sec (S. D. 25.0kg/sec)、Mor. で387kg/sec (S. D. 45.9kg/sec)、Sat. で154kg/sec (S. D. 9.6kg/sec)、Kon. で178kg/sec (S. D. 17.4kg/sec)、Yam. で243kg/sec (S. D. 37.3kg/sec) であり、速条件の筋力上昇率は、それぞれ253kg/sec (S. D. 50.0kg/sec)、256kg/sec (S. D. 36.2kg/sec)、

252kg/sec (S. D. 54.6kg/sec)、123kg/sec (S. D. 16.4kg/sec)、183kg/sec (S. D. 22.2kg/sec)、190kg/sec (S. D. 50.3kg/sec) であった。両条件を比較すると、subj. Shi. と Kon. を除く4名の被検者では、速条件に比較して強条件の筋力上昇率が大きく、いずれも1%水準で有意な差が認められた。また、全被検者における強条件の筋力上昇率の平均値は、256kg/sec (S. D. 79.9kg/sec)、速条件のそれは、210kg/sec (S. D. 49.1kg/sec) であり、両者の間に1%水準で有意な差が認められた。

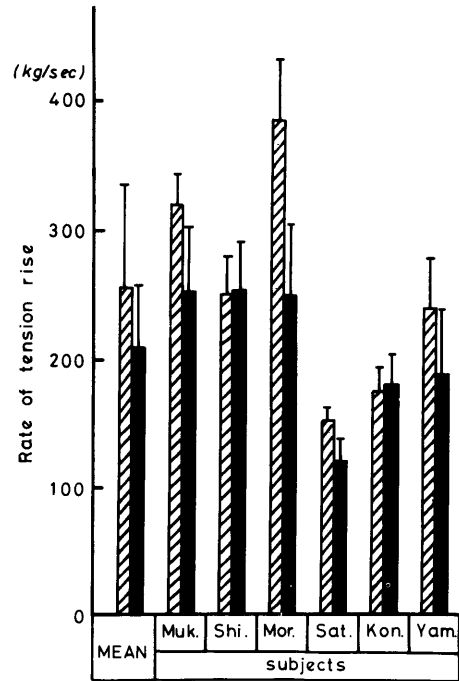


図2. 単位時間当たり筋力上昇率
 □: 強条件 ■: 速条件

3. Complete P. S. P. 出現率について

肘関節伸展動作時の Complete P. S. P. 出現率を図3に示した。各被検者における強条件の Complete P. S. P. 出現率は、subj. Muk. で84%、Shi. で0%、Mor. で28%、Sat. 4%、Kon. で24%、Yam. で16%であり、速条件の Complete P. S. P. 出現率は、それぞれ21%、12%、4%、0%、20%、4%であった。両条件を比較すると、subj. Shi. を除く5名の被検者では、速条件に比較して強条件の Complete P. S. P. 出現率が大きい値を示した。また、全被検者における強条件の Complete P. S. P. 出現率の平均値は、26.0% (S. D. 27.78%)、

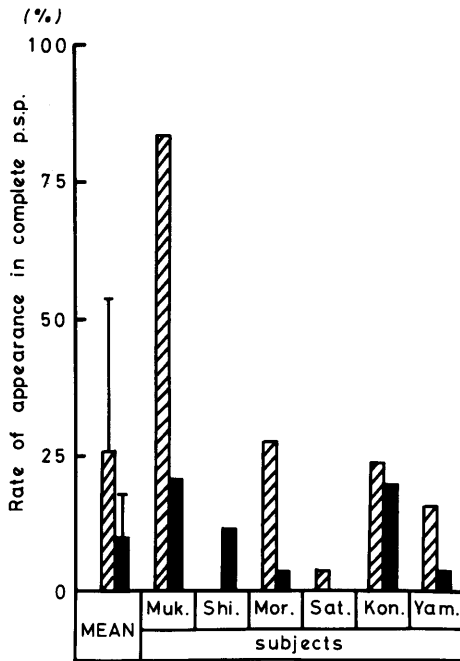


図3. Complete P. S. P. 出現率
▨: 強条件 ■: 速条件

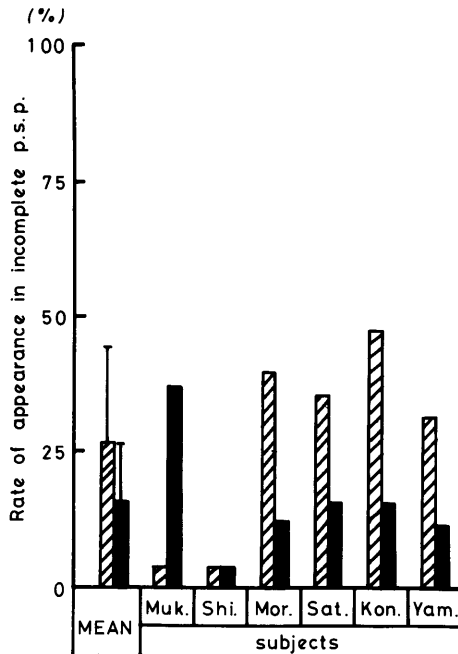


図4. Incomplete P. S. P. 出現率
▨: 強条件 ■: 速条件

速条件のそれは10.2% (S. D. 8.06%) であり、両者の間には有意な差が認められなかった。

4. Incomplete P. S. P. 出現率について

肘関節伸展動作時の Incomplete P. S. P. 出現率を図4に示した。各被検者における強条件の Incomplete P. S. P. 出現率は、subj. Muk. で4%、Shi. で4%、Mor. で40%、Sat. で36%、Kon. で48%、Yam. で32%であり、速条件の Incomplete P. S. P. 出現率は、それぞれ38%、4%、13%、16%、16%、12%であった。両条件を比較すると、subj. Muk. と Shi. を除く4名の被検者では、速条件に比較して強条件の Incomplete P. S. P. 出現率が大きい値を示した。また、全被検者における強条件の Incomplete P. S. P. 出現率の平均値は、27.3% (S. D. 17.19%)、速条件のそれは、16.3% (S. D. 10.28%) であり、両者の間には有意な差が認められなかった。

論 議

これまでに報告されている Complete P. S. P. 出現率は、乳幼児の上肢屈伸動作を対象とした場合、約10%であり、¹⁾ 健康成人の単純反応における肘関節伸展動作の場合、右上腕三頭筋に14%、左上腕三頭筋に18%と報告されている。また、健康成人について運動部所属年数別に比較した Complete P. S. P. 出現率は、右肘関節伸展動作時では非運動部所属者群で12%、短期運動部所属者群で25%、長期運動部所属者群で36%、左肘関節伸展動作時ではそれぞれ16%、26%、31%であり、運動部所属年数が長期化するに従って増加することが報告されている。⁸⁾ トレーニングにともなう Complete P. S. P. 出現率の変動について、笠井らは、⁵⁾ 7~15日間の練習の前半で増大し、その後半には著しく減少することを報告している。筆者らは、肘関節伸展動作を用いて9週間にわたる敏捷性トレーニングを課した結果、動作前 Silent Period 出現率が増加する場合と減少する場合とにわかれ、前者では、単位時間当たりの筋力上昇率の増大が、後者では動作開始時間の短縮が認められることを報告してきた。これまでに、動作前 Silent Period は、敏捷性と深い関係にあり、その出現は、特に筋収縮速度に関与することが示唆されている。¹⁴⁾

本研究は、被検者の単純反応動作に対して、できる限り動作開始時間を短縮するように努力した場合と筋収縮速度の増大に注目させた場合の2条件を比較し、これらの指示条件の違いが動作前 Silent

Period 出現にどのような影響をおよぼすのかを究明しようとした。

本実験における速条件の動作開始時間の平均値は、強条件に比較して、有意に短縮した値である。また、強条件の単位時間当たりの筋力上昇率の平均値は、速条件に比較して、有意に増大した値を示した。これらの結果は、それぞれの被検者が検者の指示とおりの反応動作を実施したことを裏付けるものである。

本実験の Complete P. S. P. 出現率の平均値は、強条件で26.0%、速条件で10.2%、Incomplete P. S. P. 出現率の平均値は、それぞれ27.3%と16.3%であり、速条件に比較して強条件の P. S. P. 出現率が大きくなる傾向を示した。これに関して、筆者らは動作前 Silent Period の出現した試行では、出現のみられなかった試行に比較して、動作開始時間や動作完了時間が遅延する反面、動作時間が短縮し、単位時間当たりの筋力上昇率が増大することを報告してきた。従って、本実験結果は、動作前 Silent Period の出現が特に筋収縮速度に関与するというこれまでの報告を支持するものである。

しかし、本実験結果における強条件の Complete P. S. P. 出現率は、これまでに報告された出現率と著しい差異がみとめられない。このことは、動作前 Silent Period の出現しやすい条件（筋収縮速度の増大）を意図的に企画・実行させた随意反応動作が動作前 Silent Period 出現に対して影響をもたないことを示唆している。これまでに、動作前 Silent Period の発現メカニズムは、大脳皮質前頭葉、小脳、脳幹抑制領域からのインパルスの関与が考えられている³⁾。また、中枢性運動まひ者では、動作前 Silent Period の出現が検知できないといわれている¹³⁾。従って、動作前 Silent Period の出現は、随意反応動作とは基本的に異なる回路から出現するものと考えられる。

一方、速条件の Complete P. S. P. 出現頻度は、これまでの報告に比較して極めて少ない値を示している。これに関して、動作前 Silent Period の発現は、alpha-gamma linkage でおこなわれている静的な準備姿勢から急速な alpha 運動経路のみの筋収縮に移行する神経系の切り換え機構に求められている^{2), 12)}。従って、被検者が、動作開始時間の短縮に注目し、急速な alpha 運動経路のみの筋収縮に移行できない場合は、動作前 Silent Period の出現が著しく抑制されることが考えられる。さらに、川初は⁶⁾、鍛練者の動作前 Silent Period 持続時間が非鍛練者に比較して短く、これは、動作の切り換えに要する上位中枢内で消費される時間が短いと推察している。

また、笠井らは⁵⁾、7～15日間の練習前半に動作前 Silent Period の出現頻度が増大し、後半に著しく減少することを報告している。この動作前 Silent Period 出現率の減少について、彼らは、動作前 Silent Period 出現率の低下とともにその持続時間も急速に短縮していることから、動作の敏捷な切り換えが可能となった者では、最終的には中枢内で消費される時間がゼロ近くになり、動作前 Silent Period の出現がみられなくなる可能性のあることを指摘している。これらの報告から、速条件にみられるような動作開始時間の短縮を要求される敏捷な反応動作では、動作の切り換えに要する上位中枢内での時間がなくなり、動作前 Silent Period の出現が抑制される可能性もある。従って、強条件に比較して速条件における動作前 Silent Period の出現が抑制されることについては、①静的準備姿勢時から急速な alpha 運動経路のみの筋収縮への移行が十分になされないこと、②動作前 Silent Period 出現のために上位中枢内で消費される時間のないことなどによるものと考えられる。

要 約

主動筋に軽度の随意的な緊張を与えた状態から急速に反応動作をおこすと、動作に先行して主動筋に Silent Period が出現する。本実験は、肘関節伸展動作を用いて、被検者が光刺激に対してできるだけ動作開始時間を短縮するように努力した場合（速条件）と、できるだけ筋収縮速度を増大するように努めた場合（強条件）を比較し、これらの指示条件の違いが、動作前 Silent Period 出現に与える影響を究明しようとした。本実験結果は、次のようである。

- 1) subj. Shi. を除く5名の被検者の動作開始時間は、強条件に比較して、速条件の値が短縮しており、4名の被検者に1%水準で有意な差が認められた。また、全被検者の動作開始時間の平均値は、強条件で173msec (S. D. 14.1msec)、速条件で159msec (S. D. 16.6msec) であり、両条件間に1%水準で有意な差が認められた。
- 2) subj Shi と Kon. を除く4名の被検者の単位時間当たり筋力上昇率は、速条件に比較して強条件の値が大きく、いずれも1%水準で有意な差が認められた。また、全被検者の単位時間当たり筋力上昇率の平均値は、強条件で256kg/sec (S. D. 79.9kg/sec)、速条件で210kg/sec (S. D. 49.1kg/sec) であり、両条件間に1%水準で有意な差が認められた。

- 3) subj. Shi. を除く 5 名の被検者の Complete P. S. P. 出現率は、速条件に比較して強条件の値が大きかった。全被検者の Complete P. S. P. 出現率の平均値は、強条件で 26.0% (S. D. 27.78%)、速条件で 10.2% (S. D. 8.06%) であり、両条件間に有意な差が認められなかった。
- 4) subj. Muk. と Shi. を除く 4 名の被検者の Incomplete P. S. P. 出現率は、速条件に比較して強条件の値が大きかった。全被検者の Incomplete P. S. P. 出現率の平均値は、強条件で 27.3% (S. D. 17.19%)、速条件で 16.3% (S. D. 10.28%) であり、両条件間に有意な差が認められなかった。
- これらの結果は、被検者が動作開始時間を短縮することに注目して、alpha-gamma 系から急速な alpha 運動経路のみの筋収縮に切り換えられない場合には、動作前 Silent Period の出現が著しく抑制されることを示唆している。

引用・参考文献

- 1) Gatev, V. , "Role of inhibition in the development of motor co-ordination in early childhood", Med. child Neurol. , 14 : 336-41, 1972.
- 2) Granit, R. , The basis of motor control, Academic Press : London, 1970, Pp. 346.
- 3) 猪飼道夫「動作に先行する抑制機構」日本生理誌, 17 : 292-98, 1955.
- 4) 猪飼道夫・矢部京之助・山本高志・川初清典・渡部和彦・手塚政孝「随意動作に先行する Silent Period の発現機構」体育学研究, 18 : 127-33, 1974.
- 5) 笠井達哉・館山昭「動作開始前 Silent Period の出現頻度とその持続時間に与える練習の影響」体育の科学, 30 : 745-749, 1980.
- 6) 川初清典, 身体運動における巧みさの科学, 杏林書院, 1982, Pp. 128.
- 7) 三田勝己・青木久・矢部京之助「随意動作に先行する Silent Period の出現と静的準備状態との関係」医用電子と生体工学, 16 : 390-95, 1978.
- 8) 脇田裕久・水谷四郎・東海政義・三田勝己・青木久・矢部京之助「随意動作に先行する Silent Period の出現率について」体育学研究 24 : 227-36, 1979.
- 9) 脇田裕久・水谷四郎・矢部京之助「動作前 Silent Period の出現率について—第 1 報運動種目間の比較—」三重大大学教育学部研究紀要(自然科学),

- 33 : 117-123, 1982.
- 10) 脇田裕久・長井健二・八木規夫・矢部京之助「反応動作におよぼす動作前 Silent Period の影響」体育学研究, 26 : 120-128, 1981.
- 11) 脇田裕久・八木規夫・矢部京之助「動作前 Silent Period の出現率について—第 2 報単純反応動作のトレーニングによる効果—」三重大大学教育学部研究紀要(自然科学), 33 : 125-131, 1982.
- 12) Yabe, K, "Premotion silent period in rapid voluntary movement", J. Appl. Physiol. , 41 : 470-73, 1976.
- 13) Yabe, K, "Electromyographic silent period preceding a rapid voluntary movement", in Komi, P. V. (Ed.), Biomechanics V-A, Univ. Park Press : Baltimore, 1976, pp. 75-81.
- 14) 矢部京之助「習熟過程の生理的要因—猪飼理論を中心にして—」体育の科学, 24 : 429-33, 1974.
- 15) 矢部京之助, 人体筋出力の生理的限界と心理的限界, 杏林書院, 1977, Pp. 239.
- 16) 矢部京之助・村地俊二「随意動作に先行する Silent Period の役割」日本生理誌, 37 : 91-98, 1975.